



**Modificación de las fórmulas actuales de acrílico cosmético, mediante la incorporación de partículas con un tamaño medio entre 115 y 209 micras**

Cristina Gallego Gutiérrez

Informe correspondiente a la modalidad de semestre de industria presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniera Química

Asesor

Juan Miguel Marín Sepúlveda, Doctor en Ciencias Químicas

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Departamento de ingeniería química

Medellín, Colombia

2022

<b>Cita</b>	(Gallego Gutiérrez, 2022)
<b>Referencia</b>	Gallego Gutiérrez, C. (2022). <i>Modificación de las fórmulas actuales de acrílico cosmético, mediante la incorporación de partículas con un tamaño medio entre 115 y 209 micras</i> [Práctica empresarial]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Centro de Documentación de Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Lina María González Rodríguez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a:

Dios quién me da la fuerza para alcanzar cada objetivo que me propongo en la vida.

Mis padres quienes son mi pilar, ejemplo, guía y soporte, los más incondicionales y quienes me motivan para superarme cada día.

A Juan quién me ha acompañado durante pregrado proporcionándome la confianza para lograr todo lo que me proponga.

Mi familia que han sido un apoyo moral, en especial en los días difíciles.

Mis amigos de la universidad indiscutiblemente son quienes me enseñaron a trabajar en equipo y en gran parte y gracias a ellos me encuentro a punto de culminar esta etapa.

## **Agradecimientos**

Mis más sentidos agradecimientos a mi Alma Máter, al departamento de Ingeniería química de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia y a todos aquellos maestros que compartieron sus conocimientos y forjaron mi carácter enseñándome lo que significa ser un profesional en todo el sentido de la palabra. De igual manera a mi asesor interno de prácticas académicas Juan Miguel Marín por la atención durante esta etapa de pregrado.

A la empresa New Stetic S. A. por abrirme las puertas y compartir tanto conocimiento y no solo en el ámbito laboral sino personal. De manera muy particular de esta compañía quiero expresar mi agradecimiento a Henry Rodríguez, Juliana Zapata, Juan Carlos Sánchez, Sebastián Pérez y Wilmar Carvajal quienes con su conocimiento, disposición y dirección hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

## Tabla de contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
1 Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2 Hipótesis	14
2.1 Hipótesis estadística	14
2.1.1 Hipótesis nula	14
2.1.1.1 Hipótesis alterna.	14
2.1.1.1.1 Variables.	15
3 Marco teórico	16
3.1 Polímero	16
3.2 Monómero	16
3.3 Forma de aplicación	16
3.4 Polvo acrílico cristal o translúcido	17
3.5 Polvos acrílicos cover	17
3.6 Análisis de producto terminado	17
3.6.1 Polvo acrílico cosmético	18
3.6.2 Polvo acrílico con el monómero líquido	18
3.7 Estéreo microscopio	18
3.8 Mastersizer	19
3.9 Espectrofotómetro portátil	19
3.10 Sistema CIELab	19

4 Metodología	20
4.1. Revisión bibliográfica, revisión de los desarrollos hechos en la compañía y capacitaciones	20
4.2 Estandarizar las metodologías para el control de calidad	20
4.3 Elaboración de línea base	21
4.4 Efecto de tamaño de partícula	21
5 Resultados	23
5.1 Estandarización de las metodologías para el control de calidad	23
5.1.1 Prueba de tiempo de humectación	23
5.1.2 Prueba de nivelación	24
5.1.3 Prueba de presencia de burbujas- Apariencia	26
5.1.4 Prueba de escurrimiento	27
5.2 Elaboración de línea base	28
5.2.1 Preparación para colorear formula Duracryl A4	28
5.2.2 Formula Duracryl A4 coloreada	30
5.2.3 Pruebas de desempeños para la formulación Duracryl A4 coloreada	32
5.3 Efecto de tamaño de partícula	34
5.3.1 Elaboración de las muestras de Duracryl A4 de blanco y cover pink con diferente cantidad de retenido	34
5.3.2 Pruebas de desempeño de las muestras de Duracryl A4 de blanco y cover pink con diferente cantidad de retenido	37
5.3.3 Análisis de varianza ANOVA	42
6 Conclusiones	45
Referencias	46
Anexos	47

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Porcentaje de retenido obtenido después del pasar un proceso de tamizado por malla de 115 micras para cuatro lotes diferentes de polímero cosmético.	29
<b>Tabla 2</b> Resultados de la prueba de control en proceso de tiempo de humectación para la línea base	33
<b>Tabla 3</b> Resultados de la prueba de control en proceso de nivelación para la línea base	33
<b>Tabla 4</b> Resultados de la prueba de control en proceso de apariencia para la línea base	33
<b>Tabla 5</b> Resultados de la prueba de control en proceso de escurrimiento para la línea base	34
<b>Tabla 6</b> Resultados de la prueba de control en proceso de porcentaje de humedad para la línea base	34
<b>Tabla 7</b> Resultados de la prueba de control en proceso de porcentaje de tiempo de trabajo para la línea base	34
<b>Tabla 8</b> Tamaño de partícula en Duracryl A4 cover pink en los diferentes porcentajes de retenido	35
<b>Tabla 9</b> Tamaño de partícula en Duracryl A4 blanco en los diferentes porcentajes de retenido	36
<b>Tabla 10</b> Valores obtenidos para la prueba de humectación para el Duracryl A4 cover pink con los distintos porcentajes de retenido	38
<b>Tabla 11</b> Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para cover pink	38
<b>Tabla 12</b> Valores obtenidos para la prueba de humectación para el Duracryl A4 blanco con los distintos porcentajes de retenido	39
<b>Tabla 13</b> Valores obtenidos para la prueba de nivelación para el Duracryl A4 cover pink con los distintos porcentajes de retenido	39
<b>Tabla 14</b> Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para cover pink	39
<b>Tabla 15</b> Valores obtenidos para la prueba de nivelación para el Duracryl A4 blanco con los distintos porcentajes de retenido	40
<b>Tabla 16</b> Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para blanco	40
<b>Tabla 17</b> Valores obtenidos para la prueba de escurrimiento para el Duracryl A4 cover pink con los distintos porcentajes de retenido	40

<b>Tabla 18</b> Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para cover pink	41
<b>Tabla 19</b> Valores obtenidos para la prueba de escurrimiento para el Duracryl A4 blanco con los distintos porcentajes de retenido	41
<b>Tabla 20</b> Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para blanco	41
<b>Tabla 21</b> Valores obtenidos para la prueba de error de delta para el Duracryl A4 cover pink con los distintos porcentajes de retenido	41
<b>Tabla 22</b> Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para cover pink	42
<b>Tabla 23</b> Valores obtenidos para la prueba de error de delta para el Duracryl A4 blanco con los distintos porcentajes de retenido	42
<b>Tabla 24</b> Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para blanco	42
<b>Tabla 25</b> Tabla resumen de los valores arrojados por el análisis de varianza para aceptar o rechazar la hipótesis nula para cover pink	43
<b>Tabla 26</b> Tabla resumen de los valores arrojados por el análisis de varianza para aceptar o rechazar la hipótesis nula para blanco	43

## Lista de figuras

- Figura 1** Ilustración de pruebas de control en proceso correspondiente al tiempo de humectación para acrílico cosmético transparente Duracryl A4. 24
- Figura 2** Ilustración de pruebas de control en proceso correspondiente a nivelación para acrílico cosmético transparente Duracryl A4. 25
- Figura 3** Ilustración de pruebas de control en proceso correspondiente a apariencia para acrílico cosmético transparente Duracryl A4. 27
- Figura 4** Ilustración de pruebas de control en proceso correspondiente a escurrimiento para acrílico cosmético transparente Duracryl A4. 28
- Figura 5** Probetas de Duracryl cover pink convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro 30
- Figura 6** Probetas de Duracryl cover nude convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro 30
- Figura 7** Probetas de Duracryl cover beige convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro 31
- Figura 8** Probetas de Duracryl cover rose convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro 31
- Figura 9** Probetas de Duracryl rosa claro convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro 31
- Figura 10** Probetas de Duracryl rosa natural convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro 32
- Figura 11** Probetas de Duracryl blanco convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro 32
- Figura 12** Tamaño de partícula versus porcentaje de retenido para el Duracryl A4 cover pink 36
- Figura 13** Tamaño de partícula versus porcentaje de retenido para el Duracryl A4 blanco 37



## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>APA</b>	American Psychological Association
<b>CIELab</b>	Espacio de color L* a* b*
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia
<b>cm</b>	Centímetros
<b>s</b>	Segundos
<b><math>\Delta E</math></b>	Error de delta

## Resumen

El objetivo de este trabajo es realizar una modificación a las fórmulas actuales de acrílico cosmético, haciendo énfasis especial en el tamaño de partícula medio entre 115 y 209 micras, con la finalidad de reducir costos y optimizar el proceso de fabricación de este producto.

Para lograr este objetivo se hizo mediante tres etapas fundamentales, en primer lugar, se tiene la estandarización de las metodologías del producto de control en proceso, que son: Tiempo de humectación, nivelación, escurrimiento y apariencia; esto se realiza mediante repetitividad de cada una de las pruebas, como resultados se presentan especificaciones con unos rangos delimitados.

En segunda estancia se elabora la línea base, que consiste en colorear la formula Duracryl A4 a los siete tonos que se encuentran en el portafolio de la compañía con un tamaño de partícula inferior a 115 micras, de lo anterior se logra obtener colores similares y la fórmula sigue teniendo buen desempeño.

En la última parte se escogen dos colores opacos los cuales son blanco y cover pink para hacer un diseño de experimentos que permita evaluar hasta qué porcentaje de retenido desde 0% a 50% se puede adicionar sin que haya cambios en sus propiedades, para ello se elaboran seis muestras por color y mediante los datos obtenidos experimentalmente y con ayuda de un análisis de varianza ANOVA se determina que la formula Duracryl A4 para colores opacos puede tener una adición de hasta un 50% de retenido y el desempeño no se ve afectado.

*Palabras clave:* Acrílico cosmético, Duracryl A4, colores opacos, retenido, ANOVA, desempeño, línea base, estandarización de metodologías.

### **Abstract**

The objective of this report is to make a modification to the current formulas of cosmetic acrylic, making a special emphasis on the average particle size between 115 and 209 microns, in order to reduce costs and optimize the manufacturing process of this product.

To obtain this objective it was done by means of three fundamental steps, first, moistening time, leveling, runoff and appearance; this is done through repetitiveness of each of the tests, as results are presented specifications with delimited ranges.

In the second stage, the base line is elaborated, which consists of coloring the Duracryl A4 formula to the seven shades that are in the company's portfolio with a particle size of less than 115 microns, from which similar colors are obtained and the formula continues to perform well.

In the last part, two opaque colors are chosen, white and cover pink, to make a design of experiments to evaluate up to what percentage of retention from 0% to 50% can be added without changes in their properties, for this purpose six samples per color are made and through the data obtained experimentally and with the help of an ANOVA analysis of variance it is determined that the Duracryl A4 formula for opaque colors can have an addition of up to 50% of retention and the performance is not affected.

*Keywords:* cosmetic acrylic, Duracryl A4, particle size, opaque colors, retained, ANOVA, performance, the base line, standardization of methodologies.

---

## Introducción

El acrílico para uñas se ha convertido en un frente importante de la industria cosmética, esto se debe a la gran demanda que ha tenido en los últimos años ya que para muchas mujeres el estado de sus uñas hace referencia a su carta de presentación. En este momento a nivel nacional se encuentran dos marcas líderes en el mercado que son Mía secret y Organic; y a nivel internacional se tiene como referencia el fabricante Keystone Industries.

Si bien la empresa ya fabrica y comercializa una fórmula del acrílico para uñas, debido a solicitudes puntuales de varios clientes, se vio la necesidad de una fórmula diferente con unas otras características de aplicación. Por ello se desarrolló una fórmula la cual es más sencilla y cumple las características deseadas, tales como: apariencia, tiempo de polimerización, entre otros.

Con este cambio de fórmula viene igualmente un cambio en el proceso, ya que dicha fórmula exige una disminución del tamaño de partícula, el polímero que antes se usaba tenía un diámetro máximo de 209 micras, mientras que el nuevo producto tiene un tamaño máximo de 115 micras, lo que genera un producto retenido. El proyecto evaluará hasta qué porcentaje de este retenido se puede adicionar a los colores opacos, y que estos sigan mostrando resultados favorables y de esta manera darle continuidad a la nueva fórmula y convertirla en un proceso rentable.

Para el desarrollo de este trabajo se toma como punto de partida los estudios y trabajos anteriores realizados por parte de la compañía, para la primera parte se van a estandarizar los procesos de control calidad que se están realizando en este momento, una vez se tenga esto se pasa a cuantificar la cantidad de retenido en la malla de 115 micras, luego se establece una línea base en todos los colores ofrecidos por compañía, con esta línea base, se procede a evaluar el porcentaje de retenido que se puede adicionar en los colores opacos sin que las características que arroja la línea base se vean afectadas.

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Realizar una modificación a las fórmulas actuales de acrílico cosmético en algunos de sus colores, mediante la incorporación de partículas con un tamaño medio entre 115 y 209 micras, con la finalidad de reducir costos y optimizar el proceso de fabricación de este producto.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Estandarizar las metodologías de control calidad del acrílico cosmético, estableciendo las cantidades de polímero y monómero a usar en cada una de ellas, así como las variables de respuesta a medir, buscando que los resultados sean cuantitativos y de fácil medición.
- Establecer una línea base para la obtención de cada uno de los colores, translúcidos y opacos, con la nueva formulación propuesta y un tamaño de partícula inferior a 115 micras, con el objeto de establecer las características apropiadas de estos colores.
- Evaluar el efecto de tamaños de partícula entre 115 y 209 micras en la obtención de colores opacos mediante un diseño de experimentos, con la finalidad de establecer el porcentaje máximo de estas partículas que puede incorporarse en estos colores, de manera que el producto cumpla con las características exigidas.

---

## 2 Hipótesis

Para las muestras preparadas con hasta un cincuenta por ciento de retenido para la fórmula Duracryl A4 coloreada, las medias obtenidas de la evaluación de desempeño no varían de una forma significativa.

### 2.1 Hipótesis estadística

Para unas pruebas determinadas (humectación, nivelación, escurrimiento y estabilidad de color o delta E) se obtienen resultados cuantitativos por triplicado, a los cuales se les va aplicar la fórmula estadística ANOVA mediante la herramienta Excel en la que se pretende demostrar que la varianza entre estos grupos no es significativa. Para esto se hace análisis ANOVA por color y prueba de desempeño y a su vez se utiliza un factor único, con índice de significancia de 0,05.

#### 2.1.1 Hipótesis nula

Como se mencionó anteriormente no se tiene una sola hipótesis nula, sin embargo, están bajo la misma premisa, es decir, que las medias de los grupos son iguales; para más detalle se hace un listado de las hipótesis

- $H_0 =$  La medias entre los valores de humectación son iguales
- $H_0 =$  La medias entre los valores de nivelación son iguales
- $H_0 =$  La medias entre los valores de escurrimiento son iguales
- $H_0 =$  La medias entre los valores de Delta E son iguales

**2.1.1.1 Hipótesis alterna.** De igual manera no hay una sola hipótesis alterna, sin embargo, están bajo la misma premisa, es decir, que las medias de los grupos son diferentes; para más detalle se hace un listado de las hipótesis

- $H_1 =$  La medias entre los valores de humectación son diferentes
- $H_1 =$  La medias entre los valores de nivelación son diferentes
- $H_1 =$  La medias entre los valores de escurrimiento son diferentes
- $H_1 =$  La medias entre los valores de Delta E son diferentes

**2.1.1.1.1 Variables.** Las variables corresponden a los valores obtenidos en cada uno de los grupos donde hay seis grupos en total para cada prueba desde el retenido 0% a retenido 50%, las variables, el listado a continuación

- Los valores del tiempo de humectación
- Los valores de nivelación
- Los valores de escurrimiento
- Los valores de Delta E

---

### 3 Marco teórico

#### 3.1 Polímero

Para elaboración de los polímeros se usa el polietilmetacrilato (PEMA) combinado con el polimetilmetacrilato (PMMA). La fabricación del acrílico cosmético parte de una reacción de polimerización, donde el etilmetacrilato reacciona con un activador en un medio de suspensión, para más adelante ser lavado, secado y tamizado dándole así lugar a la formación del polímero, dicho producto es autopolimerizable y requiere de una variedad de aditivos los cuales le van a proporcionar una serie de propiedades cualitativas y cuantitativas para la obtención de producto final; una de las características más importantes son que el polímero humecte de manera correcta y en un rango de tiempo determinado, también que el tiempo de activación sea suficiente para permitir moldear la uña, además que la consistencia sea la adecuada, que el color permanezca estable en el tiempo, etc. (Zhermack SpA, 2019)

Los polímeros que resultan de la reacción mencionada anteriormente, tienen una curva de distribución normal en forma de campana Gaussiana los cuales tienen una distribución de tamaño de partículas de hasta 209 micras. (Certificado generalidades acrílico cosmético PRCMPR-003)

#### 3.2 Monómero

El monómero cosmético para uñas que se emplea en la compañía es a base de etil metacrilato y aditivos, una vez se mezcla tanto el polímero como el monómero se forman la denominada “perla” la cual se adhiere a la uña con el fin de hacer recubrimientos, esculpidos y/o extensiones en las uñas.

#### 3.3 Forma de aplicación

Para la aplicación de las uñas acrílicas, se debe contar con una preparación previa en la superficie de la uña y consiste en: que las uñas estén limpias, libre de cutícula y con la capa más



externa totalmente limada para garantizar que se adhiera mejor el producto; luego se sumerge un pincel en monómero líquido y se elimina cualquier exceso de este, después con la brocha húmeda se toma el polvo hasta que se forme una perla en el extremo del pincel. El tamaño de la perla dependerá de varios factores, por ejemplo, de la cantidad de producto que se emplee tanto del líquido como del polvo, además del ángulo en que se disponga el pincel.

La perla se aplica directamente a la placa de la uña natural o a una punta de uña de plástico superpuesta, y se repite el proceso según el grosor que se quiera para la uña. Una vez pasen unos minutos y se seque la mezcla se procede a limar de manera manual o eléctrica las imperfecciones, por último, se le da brillo o se pinta con esmalte para uñas. (Rich & Jefferson, 2012)

### **3.4 Polvo acrílico cristal o translúcido**

Corresponde a los colores que dejan pasar la luz y se utiliza para dar forma a la uña y encapsular el diseño o la decoración. La compañía tiene el momento un acrílico transparente, además cuenta con una gama de colores translucidos, entre los que se encuentran los colores: rosa natural y rosa claro. (Draelos, 2021)

### **3.5 Polvos acrílicos cover**

Corresponde a los colores que no dejan pasar la luz, estos polímeros opacos que suelen usarse sobre la base de la uña y según la necesidad del cliente. Actualmente la compañía cuenta con los siguientes colores: Blanco, cover rose, cover pink, cover nude y cover beige. (Draelos, 2021)

### **3.6 Análisis de producto terminado**

En la compañía hay una serie de características cualitativas y cuantitativas que debe cumplir tanto el acrílico cosmético (polímero) como el conjunto polímero y monómero, según los certificados de análisis para cada uno de estos casos que se encuentran en el código interno de los documentos dentro de la compañía, dichos análisis o metodologías ya existentes consisten en:

### ***3.6.1 Polvo acrílico cosmético***

Prueba cualitativa:

- Apariencia: Que el polvo esté libre de grumos.

Pruebas cuantitativas:

- Tamaño de partícula: Se miden en el estéreo microscopio, también se hacen pruebas externas con equipos más especializados.
- Porcentaje de humedad: En el equipo analizador de humedad o termo balanza, el acrílico no debe exceder 1,2% de humedad. (Certificado de análisis de producto terminado polvo acrílico para uso cosmético SMPTFO-147)

### ***3.6.2 Polvo acrílico con el monómero líquido***

Pruebas cualitativas:

- Humectación: Es que tan rápido la perla está completamente húmeda.
- Nivelación: Esta característica corresponde a qué tanto se esparce una perla que se dispone en un acetato.
- Apariencia: En esta prueba para el acrílico transparente se mira a contraluz, para ver la apariencia y si tiene o no burbujas.

Pruebas cuantitativas:

- Tiempo de polimerización: Es el tiempo que tarda el polímero en endurecer.
- Estabilidad de color: En el espectrofotómetro se miden las coordenadas del color; esto para los demás colores. (Certificado de Análisis de producto terminado del acrílico cosmético SMPTPR-050)

## **3.7 Estéreo microscopio**

Es un tipo de microscopio óptico que permite observar la muestra generando una imagen en tres dimensiones. (Mundo Microscopio, 2022)

En la compañía este equipo tiene aumento de 5.0 a 0.65 puntos.

### 3.8 Mastersizer

El equipo MASTERSIZER-2000 es un instrumento para la medida de la Distribución del Tamaño de Partícula por medio de la Difracción Láser. Está equipado con un sistema de inyección Hydro que permite la dispersión de las muestras en fluidos mediante turbina y sonda de ultrasonido. (Universidad Autónoma de Madrid, s.f.)

### 3.9 Espectrofotómetro portátil

Es un equipo que permite cuantificar la energía absorbida e irradiada de un material mediante dispersión y refracción de la luz. (sinnek, s.f.)

Estos dispositivos pueden cuantificar éstos atributos determinando los valores para las diferentes coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$ .

### 3.10 Sistema CIELab

La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), considerada como la máxima autoridad en la ciencia de la luz y el color.

Para el espacio de color  $L^*a^*b^*$  se tiene que:

$L^*$  = Es equivalente a la diferencia en luz y oscuridad (+L más luminoso, -L más oscuro)

$a^*$  = Corresponde a las coordenadas cromáticas rojo / verde (+a indica rojo, -a indica verde)

$b^*$  = = Corresponde a las coordenadas cromáticas amarillo / azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

$\Delta E$  = Diferencia total de color (Error de delta)

También se parte de la teoría de color oponente, la cual establece que dos colores no pueden ser rojo y verde a la vez, o amarillo y azul al mismo tiempo. (Konica Minolta, 2006)

---

## 4 Metodología

### 4.1. Revisión bibliográfica, revisión de los desarrollos hechos en la compañía y capacitaciones

Durante esta etapa inicial se realizan una serie de actividades introductorias al proceso actual que consiste en conocer a fondo el proceso en este caso del polímero cosmético, desde su elaboración hasta el proceso de aplicación, además se presentan los desarrollos en los acrílicos cosméticos, todo lo anterior mediante una búsqueda bibliográfica y de la mano con el personal capacitado en la empresa. De igual manera se tienen entrenamientos para el manejo de los equipos que se emplean para la elaboración del producto como lo son el reactor, los tamices, los molinos; también se realiza un acercamiento a las técnicas más usadas para realizar el control de calidad de este producto

### 4.2 Estandarizar las metodologías para el control de calidad

Actualmente la empresa cuenta con un procedimiento de análisis de producto terminado del acrílico cosmético, el cual tiene como código SMPTPR-050, en el numeral 6.2.1 de dicha norma se especifican las variables que se evalúan en aplicación y tiempo de polimerización, dichas variables son: Humectación, nivelación y tiempo de polimerización. Sin embargo, para ninguna de ellas especifica cantidades exactas de polímero y monómero a usar, así como tampoco se especifican parámetros cuantitativos de medición y aceptación de cada una de estas variables. Así mismo no se especifica una medición y parámetros de aceptación para la variable presencia de burbujas. Por ello, las metodologías de medición que se proponen son las siguientes:

- Humectación: Tomar una cantidad exacta tanto del polímero como del monómero, medir el tiempo en que tarda esta cantidad en mostrar una completa humectación por parte del monómero al polímero.

- Nivelación: Tomar una cantidad exacta tanto del polímero como del monómero, aplicar la perla obtenido sobre una lámina de acetato y medir el diámetro de la circunferencia del producto aplicado.
- Presencia de burbujas: Tomar una cantidad exacta tanto del polímero como del monómero, aplicar en un molde previamente definido, tomar una foto ampliada y contar la cantidad de burbujas que se observan en dicha imagen.

### **4.3 Elaboración de línea base**

Para estandarizar esta línea base se van a tener cuatro etapas fundamentales: La primera consiste en tomar cuatro lotes industriales de polímero del reactor de 500L y se va a establecer el porcentaje de retenido que se obtiene al emplear una malla de 115 micras.

La segunda etapa, es elaborar diluidos, dicho paso consiste en mezclar el polímero transparente que sale del reactor con un pigmento, este proceso se dispone en un molino de bolas de 15 kilogramos, dependiendo del color del diluido se debe mezclar entre 24 a 36 horas.

Para la tercera etapa que corresponde a la preparación de los colores con la fórmula A4, se toma dicha fórmula con los polímeros tamizados por malla 115 micras, más los aditivos correspondientes y se adiciona el diluido que se prepara en el paso anterior; esto para las siete tonalidades que están en el portafolio de acrílicos para uñas de la compañía, el tiempo de mezclado para cada uno tarda de 2 a 3 horas aproximadamente.

La última etapa, consiste en la caracterización las muestras, con los estándares establecidos por la empresa y que los que se implementarán para este proyecto.

### **4.4 Efecto de tamaño de partícula**

Para este desarrollo se evaluará qué porcentaje de retenido X se puede adicionar a la muestra sin que las propiedades que resultaron de la línea base se vean afectadas, para ello se va a adicionar el retenido de la malla 115 micras al polímero dentro de la fórmula A4, en diferentes porcentajes,

dichas muestras se harán para las tonalidades opacas más críticas, es decir, blanco y el cover pink, ya que el primero es quien más carga de pigmento tiene y el ultimo quien menor carga de pigmento tiene dentro de su formulación. Cada una de las muestras se va a caracterizar con los estándares establecidos por la empresa y que los que se implementarán para este proyecto.

---

## 5 Resultados

### 5.1 Estandarización de las metodologías para el control de calidad

La empresa cuenta con una serie de pruebas que se realizan para garantizar el desempeño tanto del polvo, como del polvo y líquido cosmético; para el producto en proceso ya se hacían pruebas de nivelación y apariencia, pero se le daba una calificación cualitativa, por ello en un principio con el lote que el cliente aprobó se empezó a dar criterios cuantitativos, es decir, rangos en los que las muestras serían aprobadas, más adelante dichos rangos se comprobaron con los lotes industriales. A la compañía se le entregan dichas pautas, las cuales anexaron al control en proceso del producto aplicado del acrílico cosmético. Los materiales, la descripción y las especificaciones para cada una de las pruebas se anuncian a continuación. También se decide que solo se va a cuantificar el líquido cosmético por efectos de tiempo; además se anexa una prueba en la que se observe el escurrimiento o la fluidez del acrílico.

#### 5.1.1 Prueba de tiempo de humectación

##### Materiales

- Polímero cosmético
- Líquido cosmético
- Pipeta pasteur aforada
- Vaso dapen
- Pincel (Se debe tener el número del pincel)
- Cronómetro

##### Descripción

Para las metodologías se propone usar el acrílico que ha mostrado mejores características, es decir el Duracryl A4 transparente.

Método estándar inicial el cual consiste en: Tomar 0,5 mL del monómero con una pipeta pasteur aforada, donde se asegura que el pincel se humedece en su totalidad y se escurre de 2 a 3

veces en la pared del vaso dappen; luego se toma una cantidad de polímero. Cabe resaltar que cada que se repite el proceso se debe quitar los excesos tanto del monómero como el polímero.

Para evaluar la característica de humectación, después de implementar el método estándar inicial, se procede y con ayuda de un cronómetro se toma tiempo de la siguiente manera: El tiempo inicial corresponde a una vez se termina el contacto del pincel humedecido con el polímero y la parte final ocurre cuando se forma una perla brillante o se vea que el polímero se empapó en su totalidad como se logra apreciar en la **Figura 1**.

#### Especificaciones

Para los acrílicos transparentes y los colores traslúcidos rosa claro y rosa natural se define que un tiempo de humectación aceptable es de 0,5 s y 2,80 s. Para los covers de 1 s a 3 s.

Para el acrílico blanco en la fórmula alfalfa esta prueba no se alcanza a percibir.

#### **Figura 1**

*Ilustración de pruebas de control en proceso correspondiente al tiempo de humectación para acrílico cosmético transparente Duracryl A4.*



#### **5.1.2 Prueba de nivelación**

##### Materiales

- Polímero cosmético
- Líquido cosmético
- Pipeta pasteur aforada



- Vaso dapen
- Pincel (Se debe tener el número del pincel)
- Plantilla de acetato con guías en forma circular
- Regla

#### Descripción

Para las metodologías se propone usar el acrílico que ha mostrado mejores características, es decir el Duracryl Alfalfa transparente.

Método estándar inicial el cual consiste en: Tomar 0,5 mL del monómero con una pipeta pasteur aforada, donde se asegura que el pincel se humedece en su totalidad y se escurre de 2 a 3 veces en la pared del vaso dapen; luego se toma una cantidad de polímero. Cabe resaltar que cada que se repite el proceso se debe quitar los excesos tanto del monómero como el polímero.

Para evaluar la nivelación se realiza el método estándar inicial, después se aplica la perla sobre una lámina de acetato como se puede ver en la **Figura 2**, una vez la perla esté seca y con ayuda de una regla se mide el diámetro de la circunferencia del producto aplicado de manera horizontal y vertical.

#### Especificaciones

Para los acrílicos transparentes, los colores traslucidos, blanco y covers dicha medida debe estar en  $1,9 \text{ cm} \pm 0.5$ .

#### Figura 2

*Ilustración de pruebas de control en proceso correspondiente a nivelación para acrílico cosmético transparente Duracryl A4.*



### 5.1.3 Prueba de presencia de burbujas- Apariencia

#### Materiales

- Polímero cosmético
- Líquido cosmético
- Pipeta pasteur aforada
- Vaso dapen
- Pincel (Se debe tener el número del pincel)
- Plantilla previamente definida
- Estéreo microscopio

#### Descripción

Para las metodologías se propone usar el acrílico que ha mostrado mejores características, es decir el Duracryl Alfalfa transparente.

Método estándar inicial el cual consiste en: Tomar 0,5 mL del monómero con una pipeta pasteur aforada, donde se asegura que el pincel se humedece en su totalidad y se escurre de 2 a 3 veces en la pared del vaso dapen; luego se toma una cantidad de polímero. Cabe resaltar que cada que se repite el proceso se debe quitar los excesos tanto del monómero como el polímero.

Para evaluar la presencia de burbujas se realiza el método estándar inicial y se disponen en los moldes o plantillas que permite visualizar la apariencia, la cual está previamente definida, se hacen 6 aplicaciones en la plantilla, para cada una estas se pueden dividir en 2 o 4 cuadrantes para facilitar el conteo; con ayuda del estéreo microscopio se cuenta la cantidad de burbujas que se observan. El estéreo microscopio debe estar en mínimo aumento, es decir, 0,65. La **Figura 3** muestra la perla polimerizada en la plantilla y el tamaño que tienen las burbujas mirándolas únicamente a contra luz.

Cabe resaltar que esta prueba es únicamente para los acrílicos transparentes y los colores translúcidos que son rosa claro y rosa natural, ya que son los únicos que presenta dicha característica.

#### Especificaciones

El promedio para el conteo de burbujas debe ser inferior a 100.

**Figura 3**

*Ilustración de pruebas de control en proceso correspondiente a apariencia para acrílico cosmético transparente Duracryl A4.*

**5.1.4 Prueba de escurrimiento****Materiales**

- Polímero cosmético
- Líquido cosmético
- Pipeta pasteur aforada
- Vaso dapen
- Pincel (Se debe tener el número del pincel)
- Plantilla de acetato con guías en forma circular
- Regla

**Descripción**

Para las metodologías se propone usar el acrílico que ha mostrado mejores características, es decir el Duracryl Alfalfa transparente.

Método estándar inicial el cual consiste en: Tomar 0,5 mL del monómero con una pipeta pasteur aforada, donde se asegura que el pincel se humedece en su totalidad y se escurre de 2 a 3 veces en la pared del vaso dapen; luego se toma una cantidad de polímero. Cabe resaltar que cada que se repite el proceso se debe quitar los excesos tanto del monómero como el polímero.

Para evaluar el escurrimiento se realiza en método estándar inicial, después se dispone la perla en la plantilla de acetato en posición vertical y se mantiene el acetato en dicha posición hasta

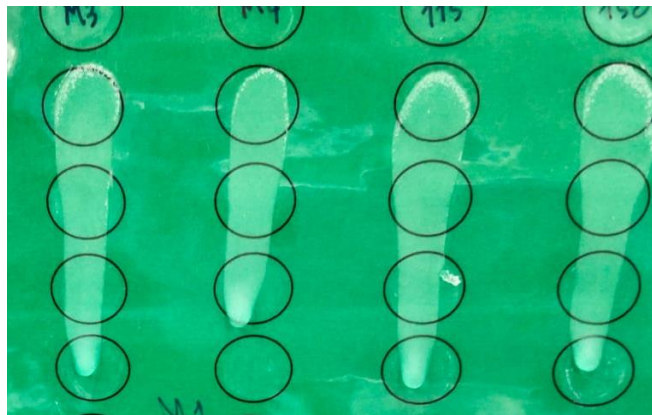
que el acrílico en el acetato deje de fluir como se evidencia en la **Figura 4**, por último, se deja secar y con ayuda de una regla se mide la longitud recorrida por el acrílico.

#### Especificaciones

La longitud recorrida por el acrílico está entre 5 a 8,5 cm.

#### Figura 4

*Ilustración de pruebas de control en proceso correspondiente a escurrimiento para acrílico cosmético transparente Duracryl A4.*



## 5.2 Elaboración de línea base

### 5.2.1 Preparación para colorear formula Duracryl A4

La línea base consistió en colorear la fórmula modificada, es decir, realizar los siete colores que New Stetic tiene en el portafolio de acrílicos para uñas. A su vez realizar la verificación de las pruebas y garantizar un desempeño similar en el acrílico transparente para uñas aceptado por el cliente. Para su desarrollo se usa la fórmula para Duracryl A4 junto con los diluidos de los pigmentos necesarios para asemejarse a los colores del Duracryl convencional. Este proceso se inicia tamizando el polímero que se encuentra con una distribución de tamaño de partícula normal de hasta 209 micras por una malla de 115 micras, arrojando una cantidad de retenido que se usará para elaborar el diseño de experimentos del efecto de tamaño de partícula que se mencionará más adelante.

En un principio se deben preparar las materias primas y una de esas preparaciones consistió en tamizar por 115 micras el polímero 2.5 y a su vez se toman los datos de la cantidad se estaba quedando como retenido para los reactores de 500 L, como se puede observar en la **Tabla 1**, además de guardar este producto ya que será útil para desarrollar el tercer objetivo.

**Tabla 1**

*Porcentaje de retenido obtenido después del pasar un proceso de tamizado por malla de 115 micras para cuatro lotes diferentes de polímero cosmético.*

Lote	Peso polímero inicial [Kg]	Peso de polímero retenido en malla 115 $\mu$ [Kg]	Porcentaje de retenido [%]
250222	72,56	13,23	18,23
211001	43,80	3,80	8,68
180222	58,82	0,43	0,73
301121	75,20	7,44	9,89

*Nota.* Los lotes aquí mostrados son los polímeros obtenidos de los reactores de 500L

Una vez se tiene el polímero tamizado en malla 115 micras, se procede a preparar los diluidos necesarios, además del respectivo acondicionamiento de los demás aditivos. Para elaborar las referencias de manera individual la formulación contiene una mezcla de polímero, aditivos y diluidos y el tiempo de mezclado es de 2 a 3 horas aproximadamente, según la cantidad que se vaya a elaborar. Los tonos son los siguientes:

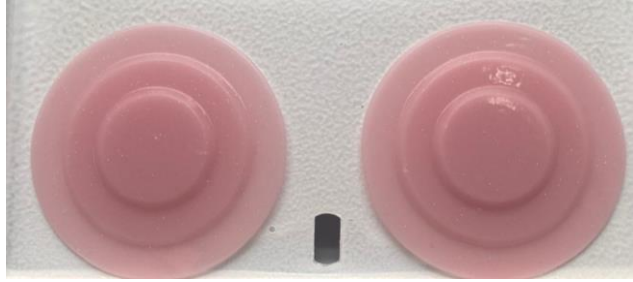
- Duracryl A4 cover pink
- Duracryl A4 cover nude
- Duracryl A4 cover beige
- Duracryl A4 cover rose
- Duracryl A4 rosa claro
- Duracryl A4 rosa natural
- Duracryl A4 blanco

### 5.2.2 Formula Duracryl A4 coloreada

Una vez elaborado una tonalidad de Duracryl A4 se realiza una probeta y esta se compara con los patrones de probetas de Duracryl que la empresa fabrica en el momento, esto se realiza de manera cualitativa y cuantitativa, esta última con ayuda de un equipo llamado espectrofotómetro que se guía con las coordenadas del sistema CIELab de colorimetría el cual busca llegar a un delta E bajo. En *Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11* se tiene tanto la comparación visual como la lectura del espectrofotómetro para cada color en la línea base.


#### Figura 5

*Probetas de Duracryl cover pink convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro*

Durayl cover pink		
Duracryl convencional	Duracryl A4	$\Delta E$
		1,91

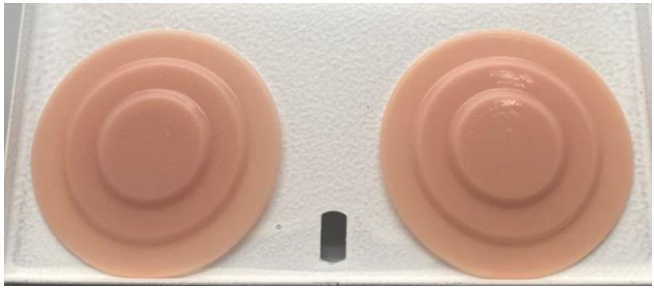
#### Figura 6

*Probetas de Duracryl cover nude convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro*

Durayl cover nude		
Duracryl convencional	Duracryl A4	$\Delta E$
		2,37


**Figura 7**

*Probetas de Duracryl cover beige convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro*

Durayl cover beige		
Duracryl convencional	Duracryl A4	$\Delta E$
		3,08

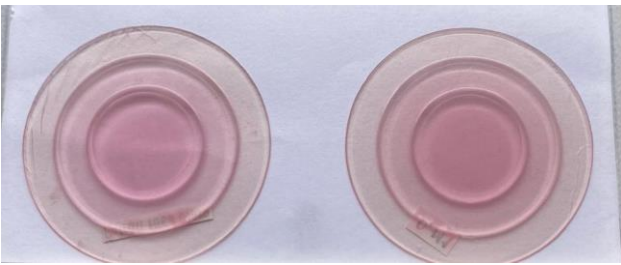
**Figura 8**

*Probetas de Duracryl cover rose convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro*

Durayl cover rose		
Duracryl convencional	Duracryl A4	$\Delta E$
		2,98


**Figura 9**

*Probetas de Duracryl rosa claro convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro*

Durayl rosa claro		
Duracryl convencional	Duracryl A4	$\Delta E$
		2,90


**Figura 10**

*Probetas de Duracryl rosa natural convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro*

Durayl rosa natural		
Duracryl convencional	Duracryl A4	$\Delta E$
		2,32

**Figura 11**

*Probetas de Duracryl blanco convencional y formulación A4, comparación visual y valor delta E arrojado por espectrofotómetro*

Durayl blanco		
Duracryl convencional	Duracryl A4	$\Delta E$
		1,06

### 5.2.3 Pruebas de desempeños para la formulación Duracryl A4 coloreada

Justo después de obtener aprobación cuantitativa y visual, se evalúa el desempeño de cada uno de los colores con las metodologías que tiene la compañía y las metodologías que se desarrollaron en la primera parte del trabajo. Los datos obtenidos para las metodologías nuevas se hicieron por triplicado para garantizar que los resultados sean confiables. Los resultados para cada una de las pruebas se encuentran en: la **Tabla 2** para la prueba de humectación, la **Tabla 3** para la prueba de nivelación, la **Tabla 4** para la prueba de apariencia, la **Tabla 5** para la prueba de



escurrimiento, la **Tabla 6** para el porcentaje de humedad y la **Tabla 7** para la prueba de tiempo de trabajo.

**Tabla 2**

*Resultados de la prueba de control en proceso de tiempo de humectación para la línea base*

	<b>Rosa claro</b>	<b>Rosa natural</b>	<b>Blanco</b>	<b>Cover Rose</b>	<b>Cover Pink</b>	<b>Cover Nude</b>	<b>Cover Beige</b>
<b>Humectación [s]</b>	1,84	2,68	-	1,47	2,08	2,37	2,02
	1,88	2,07	-	1,56	2,05	2,47	1,97
	2,29	1,98	-	2,10	2,05	2,31	1,33
<b>Promedio</b>	2,00	2,24	-	1,71	2,06	2,38	1,77

**Tabla 3**

*Resultados de la prueba de control en proceso de nivelación para la línea base*

	<b>Posición</b>	<b>Rosa claro</b>	<b>Rosa natural</b>	<b>Blanco</b>	<b>Cover Rose</b>	<b>Cover Pink</b>	<b>Cover Nude</b>	<b>Cover Beige</b>
<b>Nivelación [cm]</b>	<b>Horizontal</b>	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,6	1,9
	<b>Vertical</b>	1,7	1,7	2,0	1,8	1,9	1,6	1,8
	<b>Horizontal</b>	1,8	1,9	1,9	1,8	2,1	1,6	1,8
	<b>Vertical</b>	1,8	1,8	2,0	1,7	2,1	1,5	1,7
	<b>Horizontal</b>	1,9	1,9	2,1	1,8	1,9	1,7	1,8
	<b>Vertical</b>	1,7	1,7	2,0	1,8	1,9	1,6	1,8
<b>Promedio</b>	<b>Horizontal</b>	1,8	1,9	2,0	1,8	2,0	1,6	1,8
	<b>Vertical</b>	1,7	1,7	2,0	1,8	2,0	1,6	1,8

**Tabla 4**

*Resultados de la prueba de control en proceso de apariencia para la línea base*

	<b>Rosa claro</b>	<b>Rosa natural</b>
<b>Cantidad de burbujas</b>	31	41
	21	43
	28	55
	34	34
	46	67
<b>PROMEDIO</b>	32	48

**Tabla 5***Resultados de la prueba de control en proceso de escurrimiento para la línea base*

	<b>Rosa claro</b>	<b>Rosa natural</b>	<b>Blanco</b>	<b>Cover Rose</b>	<b>Cover Pink</b>	<b>Cover Nude</b>	<b>Cover Beige</b>
<b>Escurrecimiento [cm]</b>	6,5	5,2	5,7	7,6	7,5	7,4	8,5
	5,9	5,4	6,1	7,7	8,3	6,9	8,4
	5,8	6,5	5,9	5,8	7,1	7,2	8,7
<b>Promedio</b>	6,07	5,70	5,90	7,03	7,63	7,17	8,53

**Tabla 6***Resultados de la prueba de control en proceso de porcentaje de humedad para la línea base*

	<b>Rosa claro</b>	<b>Rosa natural</b>	<b>Blanco</b>	<b>Cover Rose</b>	<b>Cover Pink</b>	<b>Cover Nude</b>	<b>Cover Beige</b>
<b>Porcentaje de humedad</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70

**Tabla 7***Resultados de la prueba de control en proceso de porcentaje de tiempo de trabajo para la línea base*

	<b>Rosa claro</b>	<b>Rosa natural</b>	<b>Blanco</b>	<b>Cover rose</b>	<b>Cover pink</b>	<b>Cover nude</b>	<b>Cover beige</b>
<b>Tiempo de trabajo [s]</b>	6,53	6,40	6,06	6,5	6,20	7,50	6,48

### 5.3 Efecto de tamaño de partícula

#### 5.3.1 Elaboración de las muestras de Duracryl A4 de blanco y cover pink con diferente cantidad de retenido

La formulación para Duracryl A4 implica un tamaño de partícula inferior al Duracryl convencional, en efecto al momento de la fabricación se está generando un retenido que es aproximadamente el 15% para los reactores de 1500 L, por esta razón se busca una estrategia que permita recuperar este excedente.

Para esto se escogen dos colores, el cover pink y el blanco, con el fin de tener escenarios extremos. Lo siguiente es preparar los ensayos de cada color, donde para cada uno se emplea la misma fórmula de la línea base y al polímero 2,5 usado en dicha fórmula se prepara con un porcentaje tamizado por 115 micras y un porcentaje de retenido; a la cantidad del retenido se le agrega así: 10, 20, 30 40 y 50%. Por último, se repiten las pruebas para evaluar el desempeño de cada uno de estos ensayos.

Con ayuda del equipo del grupo de investigación Coloides, para hacer un estudio de distribución de tamaño de partícula y con ayuda del equipo Master size se tomaron los datos para verificar si existe una tendencia, para verificar esto se toma el d-0.90 lo que significa que el 90% partículas tiene un diámetro inferior a los valores que se ven en la **Tabla 8** y **Tabla 9** y como se ve en **Figura 12** y **Figura 13** si hay una tendencia donde el valor del diámetro va incrementando a medida que se aumenta la cantidad de retenido.

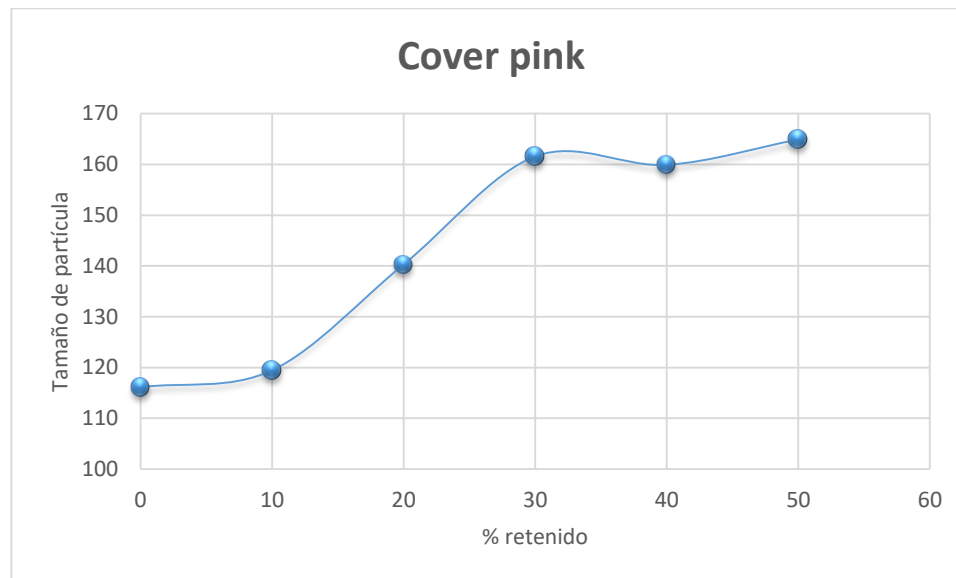
**Tabla 8**

*Tamaño de partícula en Duracryl A4 cover pink en los diferentes porcentajes de retenido*

<b>Tamaño partícula</b>	<b>Cover Pink 0% Retenido</b>	<b>Cover Pink 10% Retenido</b>	<b>Cover Pink 20% Retenido</b>	<b>Cover Pink 30% Retenido</b>	<b>Cover Pink 40% Retenido</b>	<b>Cover Pink 50% Retenido</b>
	116,112	119,461	140,299	161,575	159,914	164,914

**Figura 12**

*Tamaño de partícula versus porcentaje de retenido para el Duracryl A4 cover pink*

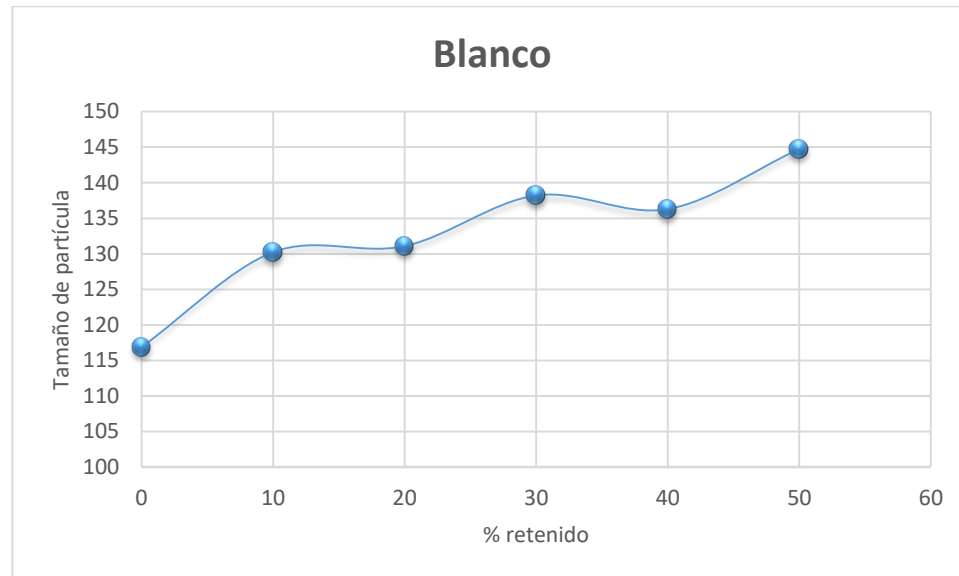
**Tabla 9**

*Tamaño de partícula en Duracryl A4 blanco en los diferentes porcentajes de retenido*

Tamaño partícula	Blanco 0% Retenido	Blanco 10% Retenido	Blanco 20% Retenido	Blanco 30% Retenido	Blanco 40% Retenido	Blanco 50% Retenido
	116,881	130,226	131,087	138,215	136,284	144,743

**Figura 13**

*Tamaño de partícula versus porcentaje de retenido para el Duracryl A4 blanco*



Teniendo esta información, se procede a estudiar cada una de las muestras, aplicando todo el proceso de control de calidad, donde se hace todo por triplicado para obtener resultados más confiables, además se realiza con ayuda de la herramienta Excel un análisis de varianza ANOVA de un solo factor, donde las tablas completas se pueden ver en *Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3, Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6, Anexo 7*; cada uno de los anexos corresponden a una prueba de manera individual.

### **5.3.2 Pruebas de desempeño de las muestras de Duracryl A4 de blanco y cover pink con diferente cantidad de retenido**

*Los resultados esperados en dicha toma de muestra es que los valores arrojados no superen las especificaciones de cada una de las metodologías, dichos resultados se encuentran para en el siguiente orden: La **Tabla 10** y la*

***Tabla 12** para la prueba de tiempo de humectación para cover pink y blanco respectivamente, en la **Tabla 13** y **Tabla 15** para la prueba nivelación para cover pink y blanco*

respectivamente, en la **Tabla 17** y **Tabla 19** para la prueba de escurrimiento para cover pink y blanco respectivamente, en la **Tabla 21** y **Tabla 23** para la prueba de error de delta para cover pink y blanco respectivamente.

Por ultimo para el análisis de varianza tiene como fin verificar si la hipótesis de que las medias entre cada valor obtenido son iguales o son diferentes, para esto se disponen unos fragmentos de los anexos donde se leen los valores más importantes de para verificar las medias se disponen en las siguientes tablas: La **Tabla 11** para la prueba de tiempo de humectación, la **Tabla 14** y **Tabla 16** para la prueba nivelación, la **Tabla 18** y **Tabla 20** para la prueba de escurrimiento y por último la **Tabla 22** y **Tabla 24** para la prueba de delta de error.

#### Prueba de tiempo de humectación

**Tabla 10**

*Valores obtenidos para la prueba de humectación para el Duracryl A4 cover pink con los distintos porcentajes de retenido*

	Cover Pink 10% Retenido	Cover Pink 20% Retenido	Cover Pink 30% Retenido	Cover Pink 40% Retenido	Cover Pink 50% Retenido
Humectación [s]	1,7	1,92	1,82	1,58	1,84
	2,01	2,39	1,48	2,00	2,00
	2,19	1,53	1,74	2,42	3,00
<b>Promedio</b>	1,97	1,95	1,68	2,00	2,28

*Nota.* Para los covers el valor aceptable va de 1 s a 3 [s]

**Tabla 11**

*Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para cover pink*

<i>F calculada</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
0,707151704	0,629282715	3,105875239

**Tabla 12**

Valores obtenidos para la prueba de humectación para el Duracryl A4 blanco con los distintos porcentajes de retenido

	<b>Blanco 10% Retenido</b>	<b>Blanco 20% Retenido</b>	<b>Blanco 30% Retenido</b>	<b>Blanco 40% Retenido</b>	<b>Blanco 50% Retenido</b>
<b>Humectación [s]</b>	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
<b>Promedio</b>	-	-	-	-	-

*Nota.* Para los colores blanco no es posible visualizar el comportamiento

Prueba de nivelación

**Tabla 13**

Valores obtenidos para la prueba de nivelación para el Duracryl A4 cover pink con los distintos porcentajes de retenido

		<b>Cover Pink 0% Retenido</b>	<b>Cover Pink 10% Retenido</b>	<b>Cover Pink 20% Retenido</b>	<b>Cover Pink 30% Retenido</b>	<b>Cover Pink 40% Retenido</b>	<b>Cover Pink 50% Retenido</b>
<b>Nivelación [cm]</b>	Horizontal	1,9	1,8	2,0	1,9	1,8	1,9
	Vertical	1,9	1,9	2,0	1,8	1,9	1,9
	Horizontal	2,1	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9
	Vertical	2,1	1,9	2,0	1,9	2,2	1,9
	Horizontal	1,9	1,8	1,8	1,9	2,1	2,1
	Vertical	1,9	1,9	1,8	1,8	2,0	2,1
<b>Promedio</b>	Horizontal	2,0	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0
	Vertical	2,0	1,9	1,9	1,8	2,0	2,0

*Nota.* Para todos los colores la especificación está en un valor de  $1,9 \pm 0,5$  [cm]

**Tabla 14**

Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para cover pink

$F_{calculado}$	Probabilidad	Valor crítico para F
2,017751479	0,104631057	2,533554548

**Tabla 15**

Valores obtenidos para la prueba de nivelación para el Duracryl A4 blanco con los distintos porcentajes de retenido

	Posición	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco
		0% Retenido	10% Retenido	20% Retenido	30% Retenido	40% Retenido	50% Retenido
<b>Nivelación</b> [cm]	Horizontal	1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,9
	Vertical	2,0	1,9	2,0	1,8	1,6	1,8
	Horizontal	1,9	1,9	1,9	2,0	1,6	1,8
	Vertical	2,0	2,0	2,0	1,9	1,6	1,6
	Horizontal	2,1	2,0	2,1	2,0	2,2	2,1
	Vertical	2,0	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1
<b>Promedio</b>	Horizontal	2,0	1,9	2,0	2,0	1,8	1,9
	Vertical	2,0	2,0	2,1	1,9	1,8	1,8

Nota. Para todos los colores la especificación está en un valor de  $1,9 \pm 0,5$  [cm]

**Tabla 16**

Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para blanco

$F_{calculado}$	Probabilidad	Valor crítico para F
1,486725664	0,223560891	2,533554548

Prueba de escurrimiento

**Tabla 17**

Valores obtenidos para la prueba de escurrimiento para el Duracryl A4 cover pink con los distintos porcentajes de retenido

	Cover Pink	Cover Pink	Cover Pink	Cover Pink	Cover Pink	Cover Pink
	0% Retenido	10% Retenido	20% Retenido	30% Retenido	40% Retenido	50% Retenido
<b>Escurrimiento</b> [cm]	7,5	6,6	8,5	8,5	7,0	6,8
	8,3	8,4	8,2	8,2	6,0	6,5
	7,1	7,1	7,0	7,0	7,5	7,2
<b>Promedio</b>	7,63	7,37	7,90	7,90	6,83	6,83

Nota. Para todos los colores la especificación está en una distancia entre 5 - 8,5 [cm]



**Tabla 18**

*Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para cover pink*

$F_{calculado}$	Probabilidad	Valor crítico para F
1,345265349	0,310697309	3,105875239

**Tabla 19**

*Valores obtenidos para la prueba de escurrimiento para el Duracryl A4 blanco con los distintos porcentajes de retenido*

	Blanco 0%	Blanco 10%	Blanco 20%	Blanco 30%	Blanco 40%	Blanco 50%
<b>Escurecimiento</b> [cm]	<b>Retenido</b> 5,7	<b>Retenido</b> 6,2	<b>Retenido</b> 5,4	<b>Retenido</b> 5,2	<b>Retenido</b> 7,2	<b>Retenido</b> 7,5
	6,1	5,8	5,4	6,4	7,0	7,4
	5,9	5,5	5,3	7,2	5,0	5,1
<b>Promedio</b>	5,90	5,83	5,37	6,27	6,40	6,67

*Nota.* Para todos los colores la especificación está en una distancia entre 5 - 8,5 [cm]

**Tabla 20**

*Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para blanco*

$F_{calculado}$	Probabilidad	Valor crítico para F
0,865877128	0,531288684	3,105875239

Prueba de estabilidad de color - Delta E

**Tabla 21**

*Valores obtenidos para la prueba de error de delta para el Duracryl A4 cover pink con los distintos porcentajes de retenido*

	Cover Pink 0%	Cover Pink 10%	Cover Pink 20%	Cover Pink 30%	Cover Pink 40%	Cover Pink 50%
$\Delta E$	<b>Retenido</b> -	<b>Retenido</b> 1,07	<b>Retenido</b> 0,96	<b>Retenido</b> 0,88	<b>Retenido</b> 0,92	<b>Retenido</b> 0,82
	-	0,58	0,75	0,64	0,76	0,75
	-	0,41	0,50	0,63	0,65	0,74
<b>Promedio</b>	-	0,687	0,737	0,717	0,777	0,770

*Nota.* Para todos los colores la especificación del delta E es inferior a 2 o con aprobación visual

**Tabla 22**

*Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para cover pink*

$F_{calculada}$	Probabilidad	Valor crítico para F
0,07182925	0,995123718	3,481658654

**Tabla 23**

*Valores obtenidos para la prueba de error de delta para el Duracryl A4 blanco con los distintos porcentajes de retenido*

	<b>Blanco 0% Retenido</b>	<b>Blanco 10% Retenido</b>	<b>Blanco 20% Retenido</b>	<b>Blanco 30% Retenido</b>	<b>Blanco 40% Retenido</b>	<b>Blanco 50% Retenido</b>
$\Delta E$	-	1,27	0,97	1,31	0,96	0,97
	-	0,98	1,35	1,38	1,29	0,86
	-	0,73	1,00	1,32	0,83	1,05
<b>Promedio</b>	-	0,993	1,107	1,337	1,027	0,960

*Nota.* Para todos los colores la especificación del delta E es inferior a 2 o con aprobación visual.

**Tabla 24**

*Fragmento de datos arrojados por el ANOVA calculado con la herramienta Excel para blanco*

$F_{calculado}$	Probabilidad	Valor crítico para F
1,33563709	0,332009976	3,481658654

Como se puede ver en todas las tablas para cada prueba de control calidad los rangos para los diferentes porcentajes de retenido para los dos colores están dentro de las especificaciones dadas.

### 5.3.3 Análisis de varianza ANOVA

Lo siguiente será entonces verificar si se acepta la hipótesis nula o la hipótesis alterna, para esto se analizan los valores arrojados en la casilla de F tabulado y F calculado y se comparan entre sí. Si F tabulado es mayor a F calculado se acepta la hipótesis nula, si F tabulado es menor a F calculado se acepta la hipótesis alterna; para esto se hace dos cuadros resumen por cada color que

corresponde a la **Tabla 25** y **Tabla 26** y con ayuda del condicional si, se establece si hipótesis nula se acepta o no.

**Tabla 25**

*Tabla resumen de los valores arrojados por el análisis de varianza para aceptar o rechazar la hipótesis nula para cover pink*

<b>Duracryl A4 cover pink</b>			
<b>Prueba control calidad</b>	<b>Valor F<sub>calculada</sub></b>	<b>Valor F<sub>tabulada</sub></b>	<b>Se acepta hipótesis nula</b>
Humectación	0,70715	3,10587	Si
Nivelación	2,01775	2,53355	Si
Escurrimiento	1,34526	3,10587	Si
Estabilidad de color	0,07183	3,48166	Si

**Tabla 26**

*Tabla resumen de los valores arrojados por el análisis de varianza para aceptar o rechazar la hipótesis nula para blanco*

<b>Duracryl A4 blanco</b>			
<b>Prueba control calidad</b>	<b>Valor F<sub>calculada</sub></b>	<b>Valor F<sub>tabulada</sub></b>	<b>Se acepta hipótesis nula</b>
Humectación	-	-	-
Nivelación	1,48672	2,53355	Si
Escurrimiento	0,86588	3,10587	Si
Estabilidad de color	1,33564	3,48166	Si

El análisis de varianza que da como resultado que las medias entre las pruebas son iguales, es decir no hay variaciones significativas usando hasta un 50% de retenido comparado con el que tiene 0% de retenido.

Según los datos arrojados, tanto del rango de especificaciones como con la técnica de varianza ANOVA se procede a calcular cuánto sería el ahorro usando esta cantidad de retenido.

De cada lote de polímero 2.5 en promedio y a escala industrial se retiene el 15% cuando pasa de la malla 209 micras a 115 micras. Para una producción de 5 toneladas al mes de acrílico cosmético en polvo, se requieren 4 toneladas de este polímero 2,5 por lo que se debe contar con una cantidad superior de esas 4 toneladas, teniendo en cuenta la pérdida anteriormente mencionada se estaría hablando de 4706 kg; por lo que las pérdidas mensuales de este polímero son de 706 kg/mes. El kilogramo de este polímero a la empresa en esta etapa de tamizado le cuesta 43.054,12

pesos colombianos, por lo que equivale a pérdidas anuales 364.754.054,64 pesos colombianos al año. Teniendo en cuenta que se puede usar en todos los covers, es decir, cuatro tonos y en el blanco, este último, uno de los colores más pedidos a la empresa es factible la recuperación de este retenido y que el valor que antes era pérdida se convierte en ahorro para la compañía.

## 6 Conclusiones

Las metodologías para las pruebas planteadas: Humectación, nivelación, apariencia y escurrimiento se lograron estandarizar y cuantificar, con los datos obtenidos de la línea base y los lotes industriales de Duracryl A4.

El diluido blanco con el polímero 2,5, tiene mayor poder colorante, por esta razón todos los colores en el sistema CIELAB tienen coordenada L\* mayor.

Se comprueba que la formula modificada Duracryl A4 permite llegar a tonalidades similares a las que hay en el portafolio de acrílicos para uñas en New Stetic actualmente.

Las coordenadas de color en el sistema CIELAB no se ven afectadas significativamente por los aumentos de los porcentajes de retenido puesto que los valores de delta E son menores de 1.5, además el análisis de varianza ANOVA acepta la hipótesis nula que las medias de estos valores son iguales.

Mediante los resultados obtenidos tanto de manera experimental para cada una de las pruebas de control en proceso que son: Humectación, nivelación, escurrimiento, tiempo de trabajo y verificación de color; como con la técnica de varianza ANOVA no se hayan diferencias estadísticas de las variables, por lo anterior se sugiere aceptable el uso del retenido hasta en un 50% en la elaboración de los colores covers (pink, nude, beige, rose) y blanco para la fórmula del Duracryl A4.

---

## Referencias

- Draelos, Z. D. (2021). Nail Cosmetics and. Obtenido de Dermatology Consulting Services, USA: <https://doi.org/10.1016/j.det.2021.01.001>*
- Konica Minolta. (2006). Entendiendo el espacio de color CIE L\*a\*b\*. Obtenido de <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>*
- Mundo Microscopio. (2022). El microscopio estereoscópico. Obtenido de <https://www.mundomicroscopio.com/microscopio-estereoscopico/>*
- Rich, J. J. (2012). Update on nail cosmetics. Obtenido de Division of Dermatology, University of Kansas: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2012.01543.x>*
- Rich, P., & Jefferson, J. (2012). Update on nail cosmetics. Obtenido de \*Division of Dermatology, University of Kansas: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2012.01543.x>*
- sinnek. (s.f.). Cómo usa el espectrofotómetro en el taller de carrocería. Obtenido de <https://academy.sinnek.com/como-usar-espectrofotometro-taller-chapa-pintura/>*
- Universidad Autónoma de Madrid. (s.f.). EQUIPO DE MEDIDA DE DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DE PARTÍCULA MASTERSIZER-2000, MALVERN. Obtenido de <https://www.uam.es/uam/sidi/equipamiento-txrf-mastersizer2000>*
- Zhermack SpA. (26 de Octubre de 2019). Restauraciones provisionales: materiales y técnicas. Obtenido de <https://magazine.zhermack.com/es/estudio-es/restauraciones-provisionales-materiales-y-tecnicas/>*
- New stetic S. A. (n. d.). Certificado de análisis de producto terminado polvo acrílico para uso cosmético SMPTFO-147.*
- New stetic S. A. (n. d.). Certificado de análisis de producto terminado del acrílico cosmético SMPTPR-050.*
- New stetic S. A. (n. d.). Producción cosmético, generalidades acrílico cosmético PRCMPR-003.*

---

### **Anexos**

<b>Anexo 1</b>	Tabla completa ANOVA para la prueba de tiempo de humectación para el cover pink	48
<b>Anexo 2</b>	Tabla completa ANOVA para la prueba de nivelación para el cover pink	49
<b>Anexo 3</b>	Tabla completa ANOVA para la prueba de nivelación para el blanco	50
<b>Anexo 4</b>	Tabla completa ANOVA para la prueba de escurrimiento para el cover pink	51
<b>Anexo 5</b>	Tabla completa ANOVA para la prueba de escurrimiento para el blanco	52
<b>Anexo 6</b>	Tabla completa ANOVA para la prueba de error de delta para el cover pink	53
<b>Anexo 7</b>	Tabla completa ANOVA para la prueba de error de delta para el blanco	54

**Anexo 1***Tabla completa ANOVA para la prueba de tiempo de humectación para el cover pink*

ANOVA COVER PINK				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Cover Pink 0% R	3	5,73	1,91	0,0919
Cover Pink 10% R	3	5,9	1,96666667	0,0614333
Cover Pink 20% R	3	5,84	1,946666667	0,1854333
Cover Pink 30% R	3	5,04	1,68	0,0316
Cover Pink 40% R	3	6	2	0,1764
Cover Pink 50% R	3	6,84	2,28	0,3952

## ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,555094444	5	0,111018889	0,7071517	0,62928271	3,105875239
Dentro de los grupos	1,883933333	12	0,156994444			
Total	2,439027778	17				



**Anexo 2***Tabla completa ANOVA para la prueba de nivelación para el cover pink*

ANOVA COVER PINK				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Cover Pink 0% R	6	11,8	1,9666667	0,010667
Cover Pink 10% R	6	11,2	1,8666667	0,002667
Cover Pink 20% R	6	11,5	1,9166667	0,009667
Cover Pink 30% R	6	11,2	1,8666667	0,002667
Cover Pink 40% R	6	12	2	0,02
Cover Pink 50% R	6	11,8	1,9666667	0,010667

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,094722222	5	0,0189444	2,017751	0,104631057	2,533554548
Dentro de los grupos	0,281666667	30	0,0093889			
Total	0,376388889	35				

**Anexo 3***Tabla completa ANOVA para la prueba de nivelación para el blanco*

ANOVA BLANCO				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Blanco 0% Retenido	6	11,9	1,983333333	0,0057
Blanco 10% Retenido	6	11,8	1,966666667	0,0067
Blanco 20% Retenido	6	12,1	2,016666667	0,0137
Blanco 30% Retenido	6	11,7	1,95	0,011
Blanco 40% Retenido	6	10,8	1,8	0,076
Blanco 50% Retenido	6	11,3	1,883333333	0,0377

*ANÁLISIS DE VARIANZA*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,186666667	5	0,037333333	1,4867	0,223560891	2,533554548
Dentro de los grupos	0,753333333	30	0,025111111			
Total	0,94	35				

**Anexo 4***Tabla completa ANOVA para la prueba de escurrimiento para el cover pink*

ANOVA COVER PINK				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Cover Pink 0% R	3	22,9	7,633333333	0,3733333
Cover Pink 10% R	3	22,1	7,366666667	0,8633333
Cover Pink 20% R	3	23,7	7,9	0,63
Cover Pink 30% R	3	23,7	7,9	0,63
Cover Pink 40% R	3	20,5	6,833333333	0,5833333
Cover Pink 50% R	3	20,5	6,833333333	0,1233333

## ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	3,5911111	5	0,718222222	1,3452653	0,310697309	3,105875239
Dentro de los grupos	6,4066667	12	0,533888889			
Total	9,9977778	17				

**Anexo 5***Tabla completa ANOVA para la prueba de escurrimiento para el blanco*

ANOVA BLANCO				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Blanco 0% Retenido	3	17,7	5,9	0,04
Blanco 10% Retenido	3	17,5	5,833333333	0,1233333
Blanco 20% Retenido	3	16,1	5,366666667	0,0033333
Blanco 30% Retenido	3	18,8	6,266666667	1,0133333
Blanco 40% Retenido	3	19,2	6,4	1,48
Blanco 50% Retenido	3	20	6,666666667	1,8433333

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	3,249444 4	5	0,649888889	0,8658771	0,531288684	3,105875239
Dentro de los grupos	9,006666 7	12	0,750555556			
Total	12,25611 1	17				

**Anexo 6***Tabla completa ANOVA para la prueba de error de delta para el cover pink*

ANOVA COVER PINK				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Cover Pink 0% R	0	0	-	-
Cover Pink 10% R	3	2,06	0,686666667	0,117433
Cover Pink 20% R	3	2,21	0,736666667	0,053033
Cover Pink 30% R	3	2,15	0,716666667	0,020033
Cover Pink 40% R	3	2,33	0,776666667	0,018433
Cover Pink 50% R	3	2,31	0,77	0,0019

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,0168267	5	0,003365333	0,071829	0,995123718	3,481658654
Dentro de los grupos	0,4216667	9	0,046851852			
Total	0,4384933	14				

**Anexo 7***Tabla completa ANOVA para la prueba de error de delta para el blanco*

ANOVA BLANCO				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Blanco 0% Retenido	0	0	-	-
Blanco 10% Retenido	3	2,98	0,993333333	0,073033
Blanco 20% Retenido	3	3,32	1,106666667	0,044633
Blanco 30% Retenido	3	4,01	1,336666667	0,001433
Blanco 40% Retenido	3	3,08	1,026666667	0,056233
Blanco 50% Retenido	3	2,88	0,96	0,0091

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
	0,273706					
Entre grupos	7	5	0,054741333	1,335637	0,332009976	3,481658654
	0,368866					
Dentro de los grupos	7	9	0,040985185			
	0,642573					
Total	3	14				